2017

Обзор перспективных технологий в секторе альтернативной энергетики







VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

Содержание

Резюме, ключевые выводы и методология исследования 4
Основные выводы 4
Методология исследования... 6
Солнечная энергетика.. 9
Обзор рынка... 9
Обзор технологий... 12
Перспективы развития отрасли и обзор экономических факторов.................................. 17
Ветряная энергетика 19
Обзор рынка... 19
Технологические тренды 23
Перспективы развития отрасли и обзор экономических факторов.................................. 26
Биоэнергетика 30
Обзор рынка... 30
Обзор технологий... 36
Перспективы развития отрасли и обзор экономических факторов.................................. 41
Обзор ключевых игроков в секторе альтернативной 43
АО «Ветро ОГК»... 43
ПАО «Фортум».. 44
Группа компаний «Хевел» 45

Перечень графиков и таблиц

График 1. Глобальная установленная мощность по источнику энергии, 2016 4
График 2. Показатели мощности СЭ в мире, 2006-2020 10
График 3. Количество патентных заявок в мире в области PV-нанотехнологий, 2012-2016 16
График 4. Инвестиции в новые мощности солнечной энергетики в мире, 2016-2020 18
График 5. Динамика роста мощности ветроэнергетики в мире, 2006-2016 19
График 6. Крупнейшие производители ветряных турбин, 2016 22
График 7. Прогноз роста установленной мощности ветроэнергетики в мире, 2016-2020 26
График 8. Инвестиции в новые мощности ветряной энергетики в мире, 2016-2020 27
График 9. Ввод новых мощностей ветроэнергетики, 2016-2025 28
График 10. Объем установленной мощности в секторе биоэнергетики в мире, 2013 – 2020 31
График 11. Мировой рынок биоэнергетики по регионам (по выручке), 2016 31
График 12. Стоимость ввода 1 кВт мощности биоэнергетики при использовании различных технологий, 2016 41

Таблица 1. Драйверы и ограничители развития альтернативной энергетики 6
Таблица 2. Сравнение LCOE по источникам энергии, 2010-2016 6
Таблица 3. Топ-5 солнечных электростанций в мире, 2017 9
Таблица 4. Лидеры СЭ по установленной мощности, 2016 11
Таблица 5. Поколения развития солнечных элементов 13
Таблица 6. Установленная мощность и ввод новых мощностей ветроэнергетики по основным странам, 2016 20
Таблица 7. Топ-10 наземных ВЭС в мире, 2016 21
Таблица 8. Совокупное первичное потребление биоэнергии по регионам, млн т. у.т. 32

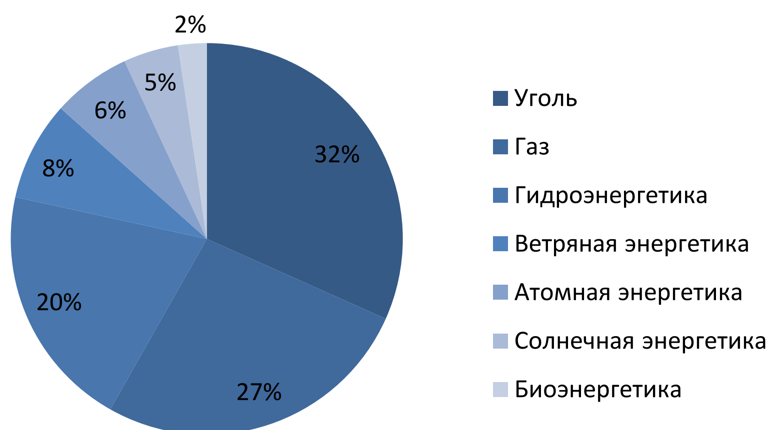
Резюме, ключевые выводы и методология исследования

Основные выводы

Рассматриваемые сегменты (солнечная, ветряная, биоэнергетика) являются наиболее быстрорастущими сегментами энергетики в мире, опережая традиционные источники энергии (уголь, газ) и гидроэнергетику.

- Ожидается, что лишь эти три сегмента увеличат свою долю в общей глобальной установленной мощности в перспективе до 2020 года: солнечная энергетика – с 4,5% до 7,7%, ветряная – с 8,2% до 10,4%, биоэнергетика – с 2,4% до 2,6%.
- В 2016 году была введена рекордная мощность ВИЭ (порядка 161 ГВт), что составляет 62% от всех новых введенных энергетических мощностей (учитывая только чистый прирост). В целом на ВИЭ будут направлены до 2/3 глобальных инвестиций в электростанции до 2040 год.
- В 2016 году ВИЭ стали дешевле и/или сравнялась по цене с ископаемыми энергоносителями более чем в 30 странах (Австралия, Бразилия, Мексика, Чили и др.).

График 1. Глобальная установленная мощность по источнику энергии, 2016



Источник: World Energy Outlook, Frost & Sullivan.

- Солнечная энергетика прибавила больше мощности, чем любой другой источник энергии – на СЭ пришлось порядка 47% новых мощностей возобновляемой энергетики, на ветряную энергетику – 34%.

- К 2020 году на долю СЭ будет приходиться 37,5% глобальных инвестиций в электроэнергию, на ветроэнергетику – 21,0%.
- Глобальный прирост мощности PV в 2017 году превысит 100 ГВт, что на 30% больше, чем в 2016 году (75 ГВт) . В 2016 году ведущими странами в приросте СЭ стали Китай (34,5 ГВт), США (14,7 ГВт), Япония (8,6 ГВт), Индия (4 ГВт), Великобритания (2 ГВт). Всего же на Топ-5 рынков пришлось порядка 85% всей новой установленной мощности в 2016 году.
- В 2016 году инвестиции в СЭ увеличились на 11,6% до 126,9 млрд. долл. Ожидается, глобальные инвестиции в СЭ будут расти в среднем на 9,0% ежегодно до 2020 года.
- В 2016 году в мире было построено ветряных станций общей мощностью 54,4 ГВт, что на 13,3% меньше по сравнению с 2015 г. Снижение было обусловлено неопределенностью в вопросе сохранения федеральной поддержки ветряной энергетики в США, а также сокращением субсидирования отрасли в ряде ключевых европейских странах, в том числе Испании и Италии. В 2017 году ожидается возобновление роста с вводом до 57 ГВт новых мощностей.
- На Китай приходится свыше 30% глобальной установленной мощности ВЭС, на США – 16%. Во многих странах Европы доля ветроэнергетики в энергобалансе уже превышает 10% (Великобритания, Германия, Испания), а в Дании и Ирландии доля составляет 37% и 27% соответственно.
- В следующие 10 лет ожидается стабилизация ввода новых мощностей ВЭС на уровне в 58 ГВт, а ежегодный объем инвестиций составит порядка 100 млрд долл. К 2030 году прогнозируется, что на ВЭС будет приходиться 15% выработки электроэнергии по сравнению с 6% в 2016 году.
- В 2016 году общая мощность введенных в строй электростанций на биотопливе составила 9,1 ГВт, что на 6,7% меньше по сравнению с 2015 г.
- Объем мирового рынка электроэнергии, производимой из биомассы в 2016 году увеличился на 7,8% по сравнению с предыдущим годом и в стоимостном выражении составил 20,53 млрд долл. Ожидается, что выручка на этом рынке в 2020 году достигнет 26,87 млрд долл, продемонстрировав рост CAGR 5,5%.

Таблица 1. Драйверы и ограничители развития альтернативной энергетики

Драйверы	Ограничители
Стратегический фокус на возобновляемую энергетику в ведущих экономических регионах (Северная Америка, Европа, Китай, Индия)	Недостаток инфраструктуры и энергосетей
Снижение цен на возобновляемые источники энергии	Снижение государственных стимулов
Рост экономики и повышение глобального спроса на электроэнергию	Конкуренция со стороны традиционных источников энергии в связи с падением цен на них
Технологическое развитие, повышение эффективности технологий	Технологические ограничения, связанные с более низким коэффициентом утилизации мощности
Снижение цен на ключевое оборудование	
Устаревшая инфраструктура (например угольные станции)	

Источник: анализ Frost & Sullivan.

Таблица 2. Сравнение LCOE по источникам энергии, 2010-2016

Источник энергии	LCOE, долл. за 1 кВт*ч (среднее значение)		Динамика, 2010-2016 (%)
	2010	2016	
Биоэнергетика	0.056	0.081	**+45%**
Геотермальная энергетика	0.047	0.064	**+36%**
Гидроэнергетика	0.035	0.051	**+46%**
Офшорная ветроэнергетика	0.133	0.123	**-8%**
Наземная ветроэнергетика	0.071	0.056	**-21%**
Солнечная энергетика	0.347	0.131	**-62%**
Гелиотермальная энергетика	0.301	0.242	**-20%**

Источник: IRENA.

Методология исследования

Данный отчет представляет собой часть из серии аналитических отчетов, инициатором которых выступает Рынок Инноваций и Инвестиций (РИИ Московской Биржи).

Фокусом исследования стали наиболее быстроразвивающиеся сегменты альтернативной энергетики: солнечная, ветряная и биоэнергетика.

Материалами исследования послужили данные ведущих отраслевых ассоциаций, аналитических организаций/компаний, университетов, государственных учреждений, в том числе Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (International Renewable Energy Agency – IRENA), Международное энергетическое агентство, REN21, Министерство энергетики США, WindEurope, Global Wind Energy Council, SolarPower Europe. Кроме того, для подготовки обзора использовались данные собственных исследований компании Frost & Sullivan:

- Обзор развития мировой энергетики, 2017 (Global Power Industry Outlook, 2017);
- Мировой рынок солнечной энергетики (Global Solar Power Market, 2016);
- Прогноз развития мирового рынка ветряной энергетики до 2025 года (Global Wind Power Market, Forecast to 2025);
- Мировой рынок биоэнергетики 2016 (Global Biomass Power Market 2016);
- Обзор рынка возобновляемой энергетики (Renewable Energy Outlook 2014);
- Нанотехнологии в производстве лопастей ветряных турбин, 2016 (Nanotechnology Innovations for Wind Turbine Blades, 2016);
- Нанотехнологии для солнечных систем, 2016 (Nanotechnology Innovations in Solar Cells and Associated Systems, 2016);
- Обзор развития технологий новых материалов для ветряной энергетики, 2015 (Impact Assessment of Materials in Wind Energy Generation, 2015);
- Инновации для маломощных ветряных турбин с горизонтальной и вертикальной осью, 2017 (Innovations in Horizontal- and Vertical-axis Small Wind Turbines, 2017);
- Солнечная энергетика третьего поколения, 2016 (Third-generation Solar Photovoltaics, 2016).

Основные параметры, анализируемые в данном отчете включают динамику ввода новых мощностей по типу генерации, доли стран по установленной мощности по типу генерации, экономические параметры (себестоимость ввода мощностей, объем инвестиций и т.д.), используемые технологии и направления технологического развития.

Отчет подготовлен с целью ознакомления широкой публики (бизнес, инвесторы, СМИ, государственные организации, университеты) об основных тенденциях развития альтернативной энергетики в мире.

Аббревиатуры, использованные в отчете

ВИЭ – возобновляемые источники энергии

ВЭ – ветряная энергетика

ВЭС – ветряная электростанция

СЭ – солнечная энергетика

СЭС – солнечная электростанция

LCOE – приведенная стоимость электроэнергии

PV – солнечная энергетика/фотовольтаика (англ. Photovoltaics)

Солнечная энергетика

Обзор рынка

Свое стремительное развитие солнечная энергетика, как одно из направлений альтернативной энергетики, начала в середине 2000-х годов, что, главным образом, было вызвано целенаправленной политикой равитых стран, в частности стран Евросоюза, по снижению зависимости экономики от углеродного сырья и стремлением достичь целей по сокращению выбросов парниковых газов. Кроме того, в значительной степени высокая динамика отрасли была обусловлена снижением стоимости производства солнечных панелей и роста их эффективности.

По данным Европейской ассоциации солнечной энергетики SolarPower Europe, глобальный прирост мощности PV (photovoltaics – солнечная энергия/фотовольтаика) в 2017 году превысит отметку в 100 ГВт, что на 30% больше, чем в 2016 году, когда к энергосистеме было подключено 75 ГВт солнечной энергии. Только Китай за первые 9 месяцев 2017 года установил около 42 ГВт мощности, а к концу 2017 года суммарно добавит более 50 ГВт, что составляет более половины прогнозируемого мирового прироста новых мощностей в 2017 году. Для сравнения, в 2016 году прирост европейского рынка СЭ составил всего 6,7 ГВт.[1]

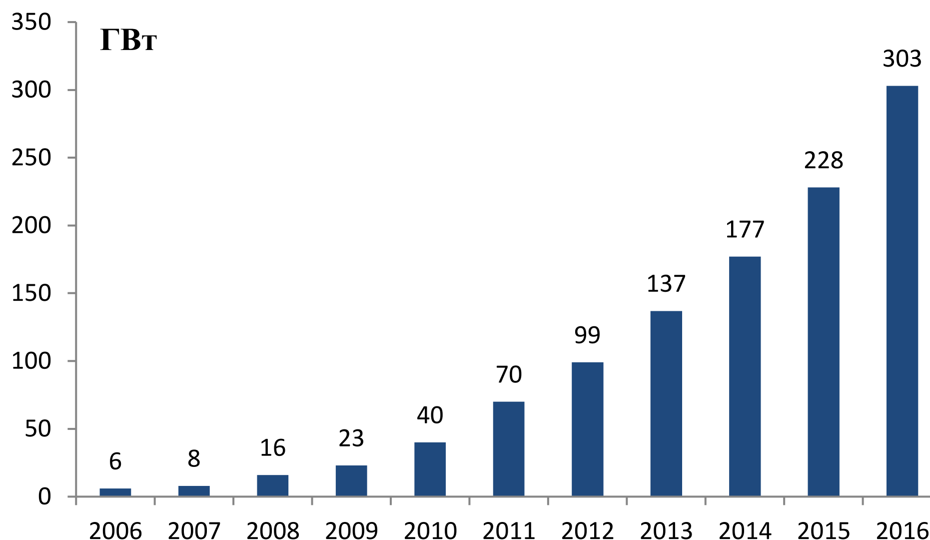
Таблица 3. Топ-5 солнечных электростанций в мире, 2017

СЭС	Регион (страна)	Мощность
Tengger Desert Solar Park	Чжунвэй (Китай)	1547 МВт
Datong Solar Power Top Runner Base	Датун (Китай)	1000 МВт
Kurnool Ultra Mega Solar Park	Карнул (Индия)	1000 МВт
Longyangxia Dam Solar Park	Цыси (Китай)	850 МВт
Kamuthi Solar Power Project	Камуди (Индия)	648 МВт

Источник: Solar Insure.

[1] https://www.pv-tech.org/news/europe-installed-6.7gw-solar-in-2016-solarpower-europe

График 2. Показатели мощности СЭ в мире, 2006-2020



Источник: IEA PVPS, REN21.

Всего 24 страны имеют больше 1 ГВт совокупной установленной мощности СЭ. Из них шесть стран имели более 10 ГВт общей мощности, четыре - более 40 ГВт. Все большее число стран рассматривают развитие солнечной энергетики в качестве приоритетной задачи, в том числе Турция, Египет, ЮАР, Израиль и другие.

Азиатско-тихоокеанский регион (АТР) с установленной мощностью PV в 147,2 ГВт (по состоянию на конец 2016 г.) является лидером в мире. Главным образом лидерство АТР обеспечивается ростом рынка Китая, на который приходится более половины (78 ГВт) установленной мощности в регионе. Еще 30% (42,8 ГВт) приходится Японию, на третьем месте располагается Индия с 9 ГВт установленной мощности PV.

В 2016 году ведущими странами в приросте СЭ стали Китай (34,5 ГВт), США (14,7 ГВт), Япония (8,6 ГВт), Индия (4 ГВт), Великобритания (2 ГВт). Всего же на Топ-5 рынков пришлось порядка 85% всей новой установленной мощности в 2016 году.

Европейский рынок вырос лишь на 6 ГВт за 2016 год. Снижение динамики обусловлено постепенным отказом от «зеленых» тарифов и переходом на тендерную основу, стагнацией в энергопотреблении, переориентацией рынка от крупномасштабных СЭС в сторону самостоятельного использования PV домохозяйствами, коммерческим и индустриальным сектором.

Таблица 4. Лидеры СЭ по установленной мощности, 2016

Страна	Общая мощность СЭ, ГВт	Прирост мощности в 2016 г., ГВт	Доля СЭ в энергобалансе страны, 2016 %
Китай	78,1	34,5	1,07
Япония	42,8	8,6	4,9
Германия	41,2	1,5	6,4
США	40,3	14,7	1,4
Италия	19,3	0,4	7,5
Великобритания	11,6	2,0	3,4
Индия	9,0	4,0	3,8
Франция	7,1	0,6	1,6
Австралия	5,9	0,8	2,4
Испания	5,5	0,6	3,2
…			
Россия	0,096	0,2	0,03

Источник: IEA PVPS, Frost & Sullivan.

и является вторым регионом в мире с его 100 ГВт общей мощности СЭ. Великобритания третий год подряд занимает первое место в Европе по приросту мощностей СЭ (примерно 2,5 ГВт в 2016 году). Динамика рынка Германии остается стабильным на протяжении последних трех лет с ежегодным объемом ввода мощностей на уровне 1,5 ГВт.

Российский рынок СЭ находится только в стадии формирования. Несмотря на значительный потенциал (особенно в южных регионах европейской части России, а также на юге Сибири и на Дальнем Востоке), по данным Системного оператора единой энергетической системы (СО ЕЭС) России, на 1 января 2017 года суммарная установленная мощность СЭС составляла лишь 75,2 МВт, то есть 0,03 % от 236,3 ГВт – установленной мощности электростанций энергосистемы.[2]

Всего же в России действует 18 СЭС (на ноябрь 2017 года), с общей установленной мощностью около 230 МВт, крупнейшие из которых расположены в республиках Алтай и Башкортостан, в Оренбургской, Саратовской и Астраханской областях. Еще 13 СЭС общей мощностью 400 МВт находятся в Крыму.

[2] http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2017/ups_rep2016.pdf

Согласно перечню проектов ВИЭ[3], отобранных по результатам конкурсного отбора инвестиционных проектов, к началу 2018 года установленная мощность СЭ в России должна составить около 363 МВт мощности, а к 2020 году – 978 МВт,

Обзор технологий

По способу получения энергии из солнца выделяют две основные технологические системы:

- Фотоэлектрические (PV) – прямое преобразование солнечного света в постоянный электрический ток. Для получения переменного тока необходимо использовать преобразователи – инверторы.Энергия может использоваться как напрямую, так и накопляться в аккумуляторных батареях для использования в качестве резервного источника питания. Именно на данной технологии основана работа свыше 98% всех СЭС в мире.
- Фототермические (CSP – concentrated solar power) – преобразование световой энергии в тепловую, а затем, при необходимости, в электрическую.

Системы PV могут быть классифицированы по другим различным аспектам:

- системы в единой системе электрификации или автономные системы;
- встроенные в здания или переносные;
- установленные на крыше или наземные системы;
- системы с изменением угла или с фиксированным наклоном;
- системы с микроинверторами и центральным инвертором;
- системы с использованием технологий кристаллического кремния или тонкопленочной технологии.

Кроме того, выделяют несколько поколений солнечных элементов/фотоэлементов. У солнечных элементов первого поколения наиболее высокий показатель эффективности (КПД 15-20%), однако одновременно также наиболее высокие затраты на производство.

[3] https://www.atsenergo.ru/vie/proresults

Солнечные элементы второго поколения более дешевые (за счет меньшего объема необходимых материалов) и менее эффективные (КПД 10-15%). Чаще всего это тонкопленочные системы, главным образом на основе селенида меди-индия-галлия (CIGS), теллурида кадмия, из аморфного кремния и микроморфные кремниевые солнечные элементы.

Солнечные элементы третьего поколения пока находятся на стадии исследований и включают полимерные клетки, органические, сенсибилизированные красителем солнечные элементы, солнечные элементы с квантовыми точками и перовскитные фотоэлектрические элементы. Аналогичным образом, некоторые технологии, связанные с солнечными элементами третьего поколения, представляют собой многосвязные фотоэлементы, тандемные клетки и наноструктурированные солнечные элементы. Солнечные элементы третьего поколения способны преодолевать предел мощности, который составляет от 31 до 41%.

Таблица 5. Поколения развития солнечных элементов

Поколение	Материал	КПД	Технология
I	Монокристаллический кремний (Mono c-Si)	14-20%	Кристаллический кремний
	Поликристаллический кремний (Multi c-Si)	10-15%	
II	Аморфный кремний (a-Si)	5-10%	Тонкопленочные солнечные элементы
	Теллурид кадмия (CdTe)	8-15%	
	Селенид меди-индия-галлия (CIGS)	10-12%	
III	Сенсибилизированные красителем солнечные батареи	4-10%	Нанотехнологии
	Органические солнечные элементы	2-5%	
	Гибридные солнечные элементы	3-8%	
	Наноструктурированные солнечные элементы	5-10%	

Источник: анализ Frost & Sullivan.

На кремниевые пластины приходится сегодня примерно 40% цены солнечных элементов, и основной комплекс исследований направлен на снижение толщины пластин для более эффективного использования кремния. Другой задачей является снижение удельного потребления серебра, используемого в производстве. В качестве одной из альтернтив рассматривается медь.

Ведутся работы по технологическому совершенствованию структуры солнечных модулей с целью, чтобы мощность модуля в сборе была выше, чем суммарная мощность ячеек, из которых он состоит. Эффект достигается благодаря улучшенному управлению световыми потоками в корпусе модуля – перенаправлению света с неактивных площадей модуля на активные. Благодаря повышению эффективности солнечных ячеек и технологическому совершенствованию компоновки панелей, мощность единичного модуля постоянно повышается при постоянном количестве ячеек, из которых он собран. Важным экономическим последствием является снижение полезных площадей, отводящихся под солнечные электростанции на ту же мощность.

PV-технологии в настоящее время достигают максимального предела эффективности в 25-27%. Исследования направлены на разработку солнечных элементов с эффективностью 30% или выше путем изменения химических, физических и конструкционных свойств солнечных элементов. К примеру, исследователи политехнического института Rensselaer разработали кристаллическую решетку перекрывающихся нанотрубок, образующую сетку. В итоге, увеличилось светопоглощение фотонного нанокристалла толщиной 900 нанометров на 1-2 порядка. К тому же, данный метод может позволить использование менее дорогих материалов в солнечных элементах, таких как диоксид титана, а также улучшить характеристики кремния[4].

Нынешние солнечные элементы способны поглощать солнечный свет только из одного спектра, что значительно снижает эффективность работы. Исследователи из Университета Осло совместно с исследователями из Центра материаловедения разработали солнечные элементы, способные поглощать солнечный свет в более чем одном спектре путем комбинирования двух разных материалов с различными коэффициентами поглощения,

---

[4] Frost & Sullivan, Advancements in Solar Cells, Water Systems, Facial Recognition, Portable Narcotic Drugs Screening Devices, and Resins (November 2017).

таким образом делая его более эффективным, чем существующие типы. К тому же, солнечный элемент спроектирован с антибликовым покрытием, которое значительно уменьшает отражение и увеличивает поглощение света. Изменяя толщину наноматериала, можно изменить электрические свойства материала и достичь эффективности в 35-40%. При комбинировании же с материалами, богатыми водородом, можно также увеличить срок эксплуатации[5].

Сдерживающим фактором являются высокие капитальные затраты, потери энергии при передаче. Существует необходимость в разработке солнечных элементов, которые являются недорогими, эффективными, стабильными и могут генерировать большое количество электроэнергии. Команда исследователей из Политехнической лаборатории Лозанны (EPFL) создала недорогие перовскитные солнечные элементы для повышения эффективности производства электроэнергии. Новый метод, позволяющий повысить стабильность солнечных элементов на основе перовскита, включает введение рубидия в структуру перовскитных солнечных элементов. Это повышает стабильность перовскитных клеток, тем самым позволяя ячейкам эффективно работать в течение более 500 часов при 85 °C.

Исследования ведутся и в направлении создания новых материалов (например, био-солнечные элементы), которые будут обладать уникальными свойствами, а также методов покрытия органическими солнечными элементами больших поверхностей. Подобные инновации открывают путь для будущих сфер применения, таких как интеграция органических солнечных элементов в окна или верхние остекления в зданиях[6].

США доминируют в исследованиях и разработках наноматериалов для твердотельной фотоэлектрической продукции. Некоторыми ключевыми игроками являются Innovalight Inc, Solarmer Energy Inc и BLOO Solar Inc, которые проводят исследования по разработке передовых свойств, в частности фотонных свойств.

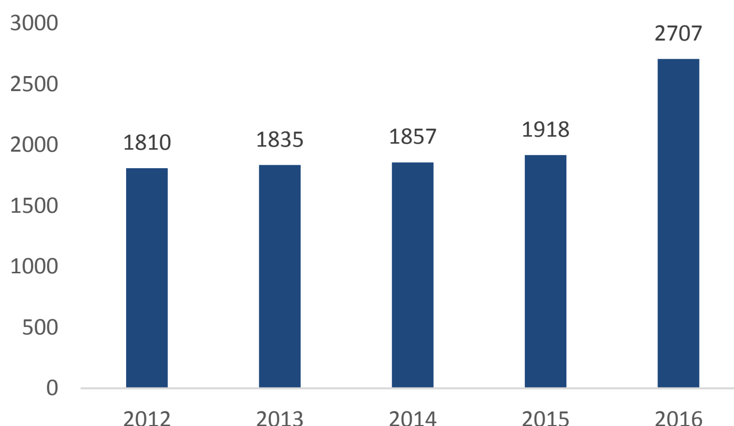
Несмотря на тот факт, что технологии СЭ приближаются к стадии зрелости, количество инновационных разработок увеличивается, о чем свидетельствует ежегодный рост

---

[5] Frost & Sullivan, Innovations in Plastic Recycling, Solar Cells, Healthcare, Nanocoatings, and Artificial Neurons. (April 2017).
[6] Frost & Sullivan, Advances in Renewable Fuels, Solar Cells, Algae Cultivation, and Weapons Detection (August 2017).

патентной активности. С 1 января 2012 года по 31 августа 2016 года во всем мире было зарегистрировано 10 127 патентов, связанных с разработкой нанотехнологий в PV. Только в США было заявлено свыше 4 тыс. патентов.

График 3. Количество патентных заявок в мире в области PV-нанотехнологий, 2012-2016



Источник: Frost & Sullivan.

В России технологиям солнечной энергетики в последнее время также стали уделять больше внимания. В 2016 году специалисты Научно-технического центра тонкопленочных технологий в энергетике (дочерняя структура компании «Хевел» – совместного предприятия ГК «Ренова» и АО «Роснано») получили первый образец ячейки фотоэлектрического преобразователя (ФЭП) по гетероструктурной технологии (Heterojunction Technology) толщиной 90 микрон (мкм). Полученный результат – самая тонкая в России ячейка солнечного модуля. Стандартная толщина такой ячейки в два раза выше – 180 мкм. Практический эффект от разработки выражается в экономии кремния при изготовлении солнечных модулей и снижении себестоимости производства кремниевых пластин на 20%. Гетероструктурная технология представляет собой гибрид кристаллического и тонкопленочного типов кремниевых солнечных элементов. В результате удается объединить основные преимущества кристаллических модулей (высокий КПД, отсутствие световой деградации) и тонкопленочных модулей (низкая себестоимость, высокая эффективность при повышенных температурах эксплуатации модулей, лучшее восприятие рассеянного света и в перспективе экономия кремния с переходом на более тонкие пластины). В 2017 году в Майминском районе Республики Алтай введена в эксплуатацию первая СЭС, построенная на гетероструктурных модулях

российского производства. В результате Россия вошла в перечень стран наряду с Японией и Кореей, использующих технологию гетероперехода в промышленных масштабах. Внедренная на заводе «Хевел» в Новочебоксарске (Чувашская Республика) гетероструктурная технология в мировой практике относится к новому поколению кремниевых солнечных элементов, отличающихся наиболее высоким КПД ячейки – более 22% и широким температурным диапазоном использования.

Перспективы развития отрасли и обзор экономических факторов

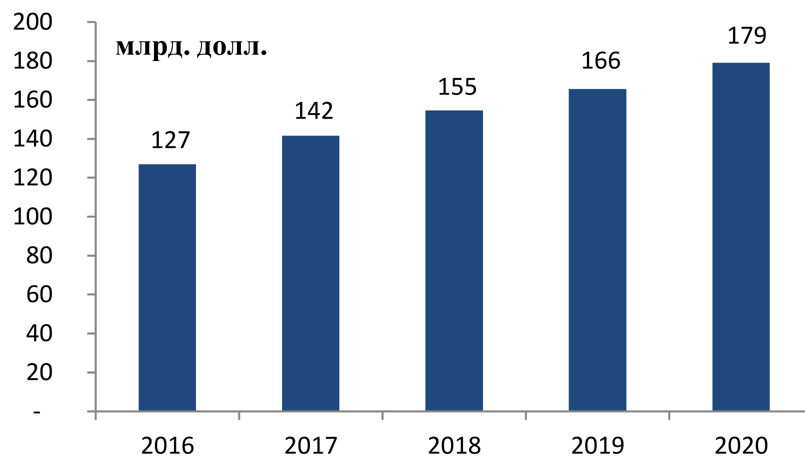
Технологические изменения в компоновке и производстве солнечных модулей – непрерывный процесс. Исследовательские лаборатории ежедневно находятся в поиске технологически и экономически оптимальных решений. Постоянное развитие отражается на экономике солнечной энергетики. В течение последних двух лет цена на модули уменьшилась с 0,58 до 0,35 долл. за Ватт. Важным экономическим последствием является снижение полезных площадей, отводящихся под солнечные электростанции на ту же мощность. В вопросе тарифов для конечного потребителя, самый низкий показатель был зафиксирован в ноябре 2017 года в Мексике. Он составил 1,77 центов/кВт*ч – тариф был предложен компанией ENEL Green Power. До этого дешевле всего СЭ обходилась жителям Саудовской Аравии (1,79 центов/кВт*ч)[7].

Азиатско-Тихоокеанский регион остается крупнейшим и самым быстрорастущим регионом для глобальных инвестиций в СЭ. На Китай, Индию и Япония придется более 80% всей новой установленной мощности PV в течение следующих 5 лет.

В 2016 году инвестиции в СЭ увеличились на 11,6% до 126,9 млрд. долл. Ожидается, глобальные инвестиции в СЭ будут расти в среднем на 9,0% ежегодно до 2020 года. Китай увеличи инвестиции с 35,5 млрд. долл. в 2016 году до 50,7 млрд. долл. в 2020 году.

[7] https://electrek.co/2017/11/16/cheapest-electricity-on-the-planet-mexican-solar-power

График 4. Инвестиции в новые мощности солнечной энергетики в мире, 2016-2020



Источник: Frost & Sullivan.

Согласно прогнозам, к 2020 году на долю СЭ будет приходиться 37,5% глобальных инвестиций в электроэнергию, что, к примеру, значительно опережает инвестиции в ветроэнергетику с долей в 21,0%.

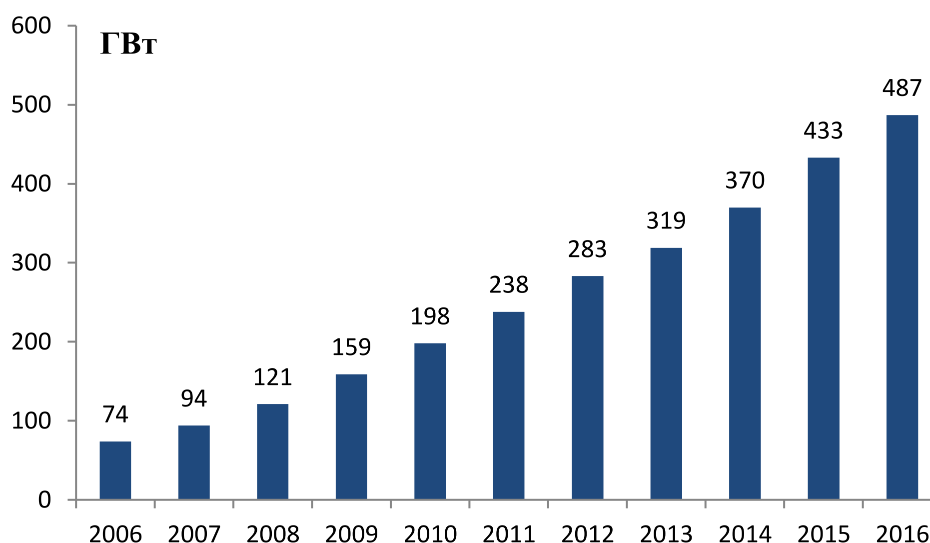
Ветряная энергетика

Обзор рынка

В 2016 году в мире было построено ветряных станций общей мощностью 54,4 ГВт, что на 13,3% меньше по сравнению с 2015 г. Во многом снижение было обусловлено неопределенностью в вопросе сохранения федеральной поддержки ветряной энергетики в США, а также сокращением субсидирования отрасли в ряде ключевых европейских странах, в том числе Испании и Италии. В 2017 году тем не менее ожидается возобновление роста с вводом до 57 ГВт новых мощностей.

Средние годовые темпы прироста мощности за последние 10 лет превышали 20%, а глобальная установленная мощность увеличилась в 6,5 раз за период 2006-2016 гг. К концу 2016 года 9 стран имели установленную мощность свыше 10 ГВТ: Китай, США, Германия, Индия, Испания, Великобритания, Канада, Бразилия и Франция.

График 5. Динамика роста мощности ветроэнергетики в мире, 2006-2016



Источник: Global Wind Energy Council, REN21.

Драйвером отрасли в последние годы выступала государственная поддержка, например налоговые кредиты в США (Production Tax Credit – PTC) и «зеленый» тариф в Китае (Feed-in-Tariff – FIT). В частности в США до 40% новых вводимых энергомощностей приходится именно на ветроэнергетику.

По данным World Energy Council, на Восточную Азию (включая Китай) и Европу приходится порядка 70% всей глобальной установленной мощности ветроэнергетики, еще 20% – на Северную Америку. В разрезе отдельных стран лидерами являются Китай и США, как по общей установленной мощности, так и по динамике ввода новых. На Китай приходится свыше 30% глобальной установленной мощности, на США – 16%. Во многих странах Европы доля ветроэнергетики в энергобалансе уже превышает 10% (Великобритания, Германия, Испания), а в Дании и Ирландии например, доля составляет 37% и 27% соответственно.

Таблица 6. Установленная мощность и ввод новых мощностей ветроэнергетики по основным странам, 2016

Страна	Установленная мощность, 2016 (ГВт)	Ввод новых мощностей, 2016 (ГВт)
Китай	169,0	23,4
США	82,1	8,2
Германия	49,5	5,0
Индия	32,2	5,4
Испания	23,1	0,049
Великобритания	14,5	0,736
Франция	12,1	1,561
Канада	11,9	0,7
Бразилия	10,7	2,0
Италия	9,3	0,282
…		
Россия	0,1	-

Источник: REN21, WindEurope, World Energy Council.

Рассматривая цепочку создания стоимости на рынке ветрогенерации, можно выделить 6 основных групп игроков:

- Поставщики компонентов занимаются производством составляющих ветрогенератора, таких как башни, лопасти, электроника и др.
- Производители оборудования поставляют средства производства для производителей турбин.

- Компании OEM (Original Equipment Manufacturers) изготавливают непосредственно ветряные турбины. Некоторые OEM также предоставляет целый комплекс сопутствующих услуг, включая инжиниринг, поставки, установку и пусконаладочные работы (Engineering, Procurement, Installation, Commissioning – EPIC).
- Компании, являющиеся операторами проектов – ветряных ферм.
- Строительные фирмы осуществляют планирование и строительство ВЭС с целью дальнейшей продажи ВЭС заинтересованным сторонам.
- Сервисные провайдеры предоставляют услуги по управлению и техническому обслуживанию ВЭС после начала проекта.

Таблица 7. Топ-10 наземных ВЭС в мире, 2016

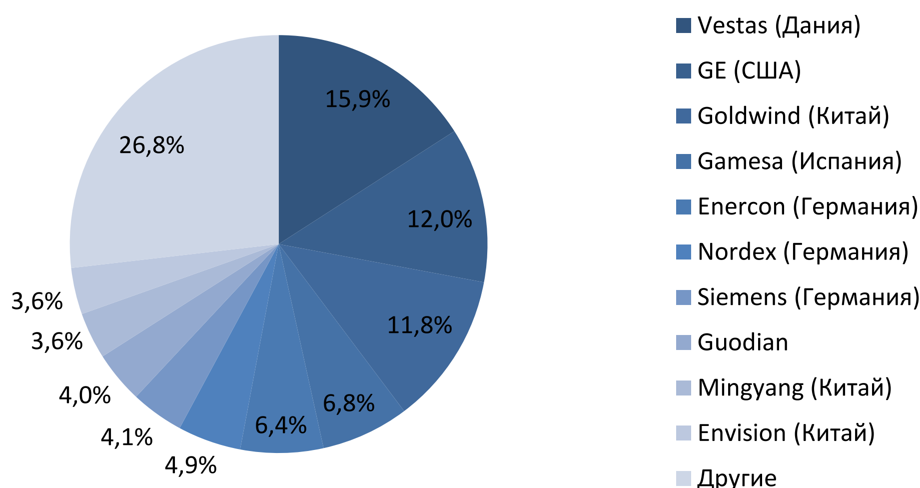
Ветряная ферма	Регион (страна)	Мощность
Gansu Wind Farm	Провинция Ганьсу (Китай)	6000 МВт
Alta Wind Energy Center	Калифорния (США)	1548 МВт
Muppandal Wind Farm	Тамил-Наду (Индия)	1500 МВт
Jaisalmer Wind Park	Раджастхан (Индия)	1064 МВт
Shepherds Flat Wind Farm	Орегон (США)	845 МВт
Roscoe Wind Farm	Техас (США)	781.5 МВт
Fowler Ridge Wind Farm	Индиана (США)	750 МВт
Horse Hollow Wind Energy Center	Техас (США)	735.5 МВт
Capricorn Ridge Wind Farm	Техас (США)	662.5 МВт
Fântânele-Cogealac Wind Farm	Фынтынеле и Коджалак (Румыния)	600 МВт

Источник: Energy Digital (январь 2017).

Основные мощности по производству ветрогенераторов сосредоточены в странных ЕС, США и Китае с высоким уровнем рыночной концентрации: на Топ-10 игроков приходится свыше 70% мирового производства. В 2016 году мировым лидером в производстве ветряных турбин стала датская компания Vestas – ее доля составила 15,9%. Всего компания поставила турбин для наземных ВЭС общей мощностью 9,7 ГВт, в 35 стран.

На втором месте по доле рынка расположилась американская GE, поставки которой составили 6,5 ГВт (на 0,6 ГВт больше, чем в 2015 году). Несмотря на то, что компания уступила первенство на ключевом для себя рынке США, GE расширило свое присутствие до 21 страны в 2017 году (по сравнению с 14 в 2016 году).

График 6. Крупнейшие производители ветряных турбин, 2016



Примечания:

1) Сумма значений может не составлять 100% по причине округления;
2) Другие компании: Suzlon, Sewind, XEMC, DOOSAN, CSIC и т.д.

Источник: Frost & Sullivan.

Китайская компания Goldwind Wind & Technology, лидер 2015 года, опустилась на 3 место с объемом поставок в 6,5 ГВт в 2016 году, по причине замедления роста рынка Китая. В целом, для большинства китайский компаний локальный рынок занимает доминирующую долю с очень ограниченными объемами экспортных поставок.

Среди рыночных трендов можно выделить дальнейшую консолидацию отрасли и укрупнение игроков (как горизонтальная, так и вертикальна интеграция). В частности в 2017 году были завершены сделки по слиянию Siemens и Gamesa, приобретению LM Wind Power (производитель лопастей из Дании) компанией GE.

В связи с удешевлением технологий, повышением их эффективности, нацеленностью правительств стран на развитие возобновляемых источников ветроэнергетика постепенно привлекает все большее количество игроков из смежных отраслей смежных отраслей –

традиционных энергокомпаний, нефтяных компаний (Shell, Statoil), предприятий ЖКХ. Потребители электроэнергии, особенно в развитых странах, также постепенно переориентируются в сторону возобновляемых источников, в том числе ветряной энергетики. Среди них такие корпорации как Google, Amazon, 3M, Microsoft, Intel.

Технологические тренды

Ветряные электростанции можно классифицировать по нескольким основным критериям:

- **По месторасположению**. Наземные ветрогенераторы (расположены на суше) и морские/оффшорные/шельфовые (расположенные на воде, в прибрежных зонах либо на шельфе на расстоянии 10-12 км). Наиболее распространенным типом используемых ветрогенераторов являются наземные – на них приходится свыше 95% новых вводимых мощностей.
- **По типу оси вращения.** Выделяются ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения (наиболее распространенный тип) и вертикальной осью.

Дальнейшая классификация может осуществляться по различным техническим и конструкционным параметрам: по мощности, по количеству лопастей, по высоте, диаметру ротора и т.д.

За последние годы технологии ветроэнергетики приблизились к стадии своей зрелости: текущий уровень позволяет извлекать порядка 50% возможной энергии из ветра при теоретическом максимуме до 60%[8]. Несмотря на различные попытки отойти от традиционной конструкции ветрогенераторов к созданию принципиально новых способов извлечения энергии из ветра (например летающие турбины от стартапа Makani Power, купленного компанией Google), большинство технологических инноваций в данном секторе направлены на решение двух основных задач: сокращение стоимости ветряных турбин и повышение их эффективности (снижение зависимости от погодных условий, повышение коэффициента использования мощности). При этом крупнейшие компании сосредоточены на работе в следующих направлениях:

- увеличение размера (высоты) ветрогенератора;
- увеличение размеров ротора ветрогененератора;

[8] World Energy Council, World Energy Resources 2016|Wind

- повышение мощности ветрогенератора;
- совершенствование и/или внедрение новых материалов в конструкцию ветрогенератора;
- оптимизация работы ветрогенераторов в условиях низких скоростей ветра;
- дигитализация сектора и анализ больших данных с целью оптимизации выбора месторасположения ВЭС, выработки э/э и т.д.

Исследование, проведенное Министерством энергетики США, показало, что средняя номинальная мощность вновь установленных ветряных турбин в 2016 году составила 2,15 МВт, что на 200% выше показателей 1998-1999 гг. и на 11% выше среднего значения в 2011-2015 гг. В то же время средний диаметр ротора в 2016 году составил 108 метров, что на 11% выше уровня 2011-2015 гг., а средняя высота ветрогенератора (от основания до ротора) немного увеличилась в указанный период – до 83 метров[9].

Для офшорных ВЭС динамика роста мощности еще выше. Так, в Европе только за 2016 год средняя мощность новых возводимых морских ВЭС увеличилась до 4,9 МВт, что на 15% выше по сравнению с 2015 г. и на 62% выше, чем 10 лет назад. К концу 2016 году на рынке были коммерциализированы офшорные ветрогенераторы мощностью до 8 МВт[10]. Ожидается, что средняя мощность наземных ветряных турбин увеличится до 4,5 МВт к 2022 году, в то время как мощность оффшорных турбин достигнет 15 МВт.

Вместе с тем стоит отметить, что параллельно идет развитие технологий маломощных турбин (до 100 КВт), находящих применения в ВПК, телекоммуникационной отрасли, на удаленных территориях и в сельской местности, а также в домохозяйствах. Основное их преимущество – низкие затраты на установку, отсутствие необходимости в поддерживающей инфраструктуре. По состоянию на 2016 год общая установленная мощность такого типа турбин составила 830 МВт при ежегодном росте более 10%.

Для офшорной ветроэнергетики драйвером в ближайшей перспективе может стать развитие технологий генерации на больших глубинах. Доминирующим в настоящий момент является использование прибрежных ВЭС, которые установлены на фундаменте. Однако их использование возможно на мелководье (на глубине до 50 м) и, соответственно, ограничено

[9] US. Department of Energy, 2016 Wind Technologies Market Report
[10] REN21, Renewables Global Status Report 2017

в некоторых странах, в частности на рынках США и Япония. Развитие же плавучих ВЭС позволит разместить их дальше от берега, где погодные условия (скорость и постоянство ветра) позволяют вырабатывать больше электроэнергии.

Другим трендом последнего времени стало развитие гибридных инсталляций: электростанций совмещающих генерацию с использование различных технологий возобновляемой энергетики. Наиболее распространенным примером являются гибридные станции, совмещающие СЭС и ВЭС. Они могут использоваться в комплекте с дизельными генераторами, что делает использование данных гибридных систем особенно актуальным в местах, где отсутствуют электросети.

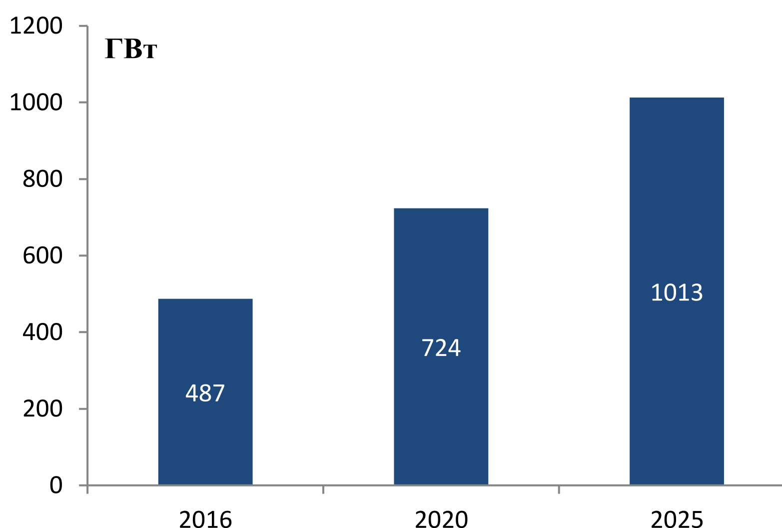
Технологические инновации развиваются и в направлении новых материалов, которые должны повысить прочность лопастей, что особенно важно при неблагоприятных погодных условиях (низкая температура, влага). Например, в рамках исследовательской программы «Азимут», посвященной развитию технологий оффшорной ветроэнергетики, консорциум из 11 испанских компаний и 22 R&D-центров во главе с компанией Gamesa создал покрытие против наледи, представляющую собой нанодобавку к краске. В качестве другого примера можно привести разработку компании Applied Nanotech – углеродные нанотрубки, используемые для повышения прочности стеклопластика (один из основных материалов для лопастей). Повышение прочности материалов и их резистентности к погодным условиям является одной из наиболее актуальных задач отрасли, поскольку до 25% всей электроэнергии, вырабатываемой ВЭС, приходится на страны с холодным климатом.

Следующая волна технологических инноваций на рынке ветроэнергетики ожидается в области использования сенсоров и данных – Интернет Вещей (Internet of Things – IoT) и аналитика. Данные технологии позволяют компаниям осуществлять мониторинг ветряных турбин в реальном времени для своевременного реагирования на различные ситуации (изменение погодных условий, поломка и т.д.), оптимизации операционной эффективности, удаленной диагностики, прогнозирования трендов, что в конечном итоге позволяет сократить затраты на техническое обслуживание и снизить операционные риски. Среди ключевых игроков, разрабатывающих решения в области IoT и аналитики можно выделить Siemens AG, Bachmann electronic GmbH, Rockwell Automation, Inc., ABB.

Перспективы развития отрасли и обзор экономических факторов

Наземная ветроэнергетика совершила значительный рывок за последние десятилетия. Так, показатель приведенной стоимости электроэнергии/нормированной стоимости электроэнергии (Levelised Cost of Electricity – LCOE), отражающий среднюю себестоимость производства электроэнергии на протяжении всего жизненного цикла электростанции, в период 1983-2016 гг. в среднем сокращался на 15% при каждом удвоении установленной мощности. В 2010-2016 гг. LCOE для наземных ВЭС сократился на 18% – до 0,07 долл. за 1 кВт. Средневзвешенный объем инвестиций в наземную ветрогенерацию за период 1983-2016 гг. сократился более чем на 2/3 – с 4880 долл. за 1 кВт до 1457 долл., что обусловлено эффектом масштаба, совершенствованием технологий и производственных процессов. По данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (International Renewable Energy Agency – IRENA), в Китае и Индии данный показатель еще ниже – 1244 и 1120 долл. соответственно. Более того, за последние 20 лет также удалось достичь увеличения коэффициента использования установленной мощности (в среднем с 20% до 29%). При этом стоит отметить, что на некоторых ВЭС коэффициент достигает 40-50%, а с развитием более высоких установок прогнозируется увеличение до 65%.

График 7. Прогноз роста установленной мощности ветроэнергетики в мире, 2016-2020

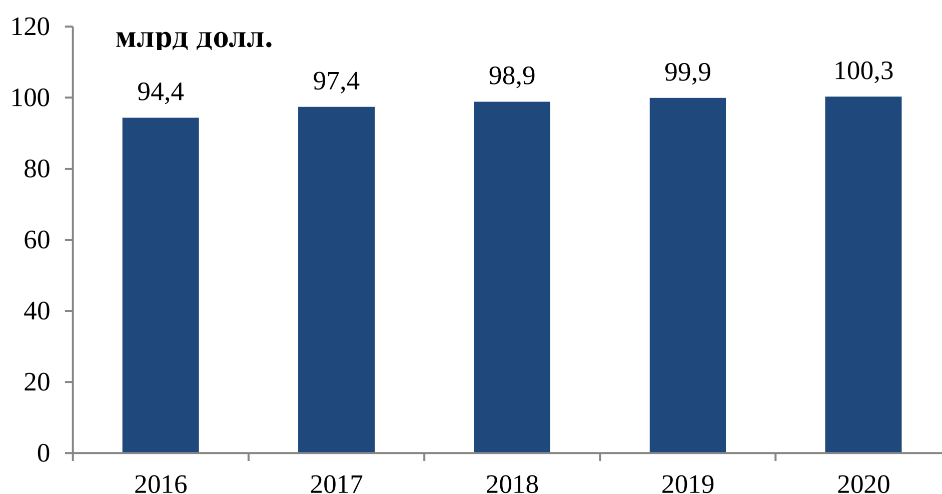


Источник: Frost & Sullivan.

В результате постепенного снижения стоимости технологий заметным трендом последних двух лет стало сокращение государственных субсидий отрасли, отмена «зеленых» тарифов и переход на тендерную основу, в результате долгосрочные тарифы зачастую достигают рекордно низких уровней для отрасли. Так, по данным портала RenEn, в одном из последних тендеров в Канаде (провинция Альберта) в ходе торгов была зафиксирована рекордно низкая цена, эквивалентная приблизительно 1,7 рублей за кВт*ч.[11]

Развитие ветроэнергетики позволяет решать не только задачу по трансформации энергобаланса в сторону экологически чистых возобновляемых источников энергии, но также имеет прямой экономический эффект на создание рабочих мест (например на удаленных территориях), инвестиции (строительство станций, энергосетей производство оборудования и т.д.). Многие страны (в частности Китай и Россия) вводят обязательные требования по локализации производства оборудования с целью поддержки отрасли. Меры по локализации могут дать ощутимый эффект, что отчетливо прослеживается на примере Китая, где с 2007 по 2010 годы действовало требования по 70% уровню локализации. В результате, китайские компании являются одними из лидеров в производстве ветряных турбин, однако по большей части концентрируются на локальном рынке. В России внедрен аналогичный показатель по локализации (65%).

График 8. Инвестиции в новые мощности ветряной энергетики в мире, 2016-2020

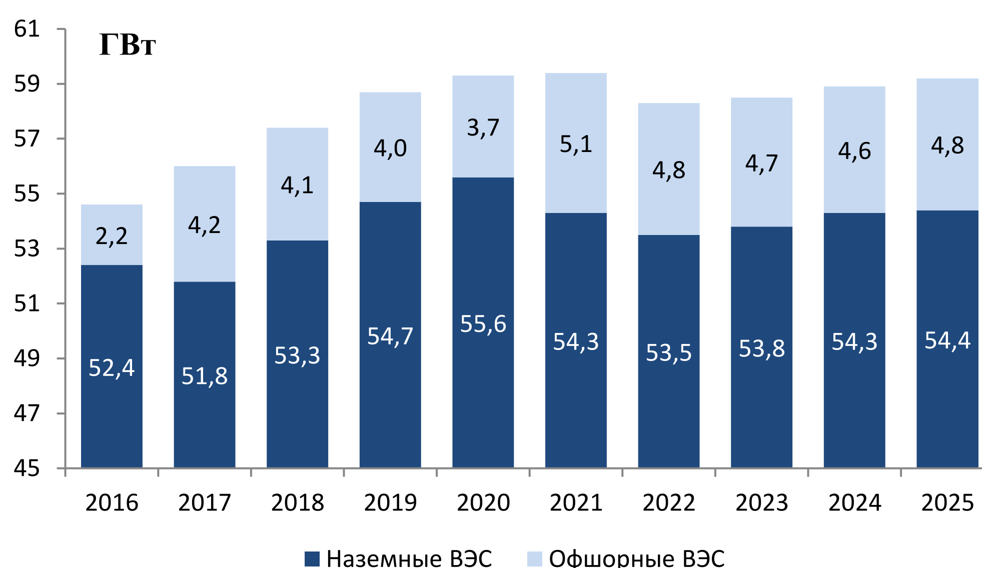


Источник: Frost & Sullivan.

[11] http://renen.ru/wind-energy-1-7-rubles-per-kwh-tender-results-in-canada/

Основной проблемой развития ветроэнергетики (как наземной, так и оффшорной) остается недостаток инфраструктуры электропередачи (особенно характерный для рынка Китая, где зачастую в силу избытка мощности приходится останавливать ВЭС). В результате, в следующие 10 лет ожидается стабилизация ввода новых мощностей на приблизительном уровне в 58 ГВт, а ежегодный объем инвестиций составит порядка 100 млрд долл. К 2030 году прогнозируется, что на ВЭС будет приходиться 15% выработки электроэнергии по сравнению с 6% в 2016 году.

График 9. Ввод новых мощностей ветроэнергетики, 2016-2025



Источник: Frost & Sullivan.

Российский рынок, в свою очередь, находится только на начальном этапе своего развития, суммарная установленная мощность не достигает и 1 ГВт.

В результате конкурсного отбора в 2017 году консорциум Фортум-Роснано получил проект строительства ВЭС общим объемом мощности в 1 ГВт. Совместный инвестиционный фонд двух компаний планирует вложить до 30 млрд рублей в российскую ветроэнергетику. При этом технологическим партнером выступит мировой лидер отрасли – датская компания Vestas, планирующая локализовать производство лопастей и сборку гондол. Также был заключен меморандум между Роснано и ПАО «Силовые машины» по созданию СП по производству комплектующих (башни, гондолы).

В свою очередь NovaWind (дочернее предприятия госкорпорации «Росатом») и голландский производитель Lagerwey в 2017 году создали СП Red Wind, в рамках которого новая компания будет отвечать за реализацию программы локализации производства ВЭС, а голландский партнер осуществит трансфер технологий.

В рамках программы развития возобновляемых источников энергии предполагается, что установленная мощность ВЭС в России достигнет 3,35 ГВт к 2024 году.

Биоэнергетика

Обзор рынка

Биоэнергетика – использование биомассы, торфа и органических отходов для производства тепла, электричества и моторного топлива. Биомасса может использоваться для различных целей – от обогрева жилищ до производства электроэнергии и моторного топлива. Современная биоэнергетика основана на высокоэффективных технологиях преобразования биомассы в удобные для использования виды энергии (электроэнергию, жидкие и газообразные топлива и подготовленное твердое топливо).

Россия обладает самой большой в мире ресурсной базой для развития биоэнергетики (ежегодно продуцируется 14-15 млрд. т. биомассы, энергия которой эквивалентна ~ 8 млрд.т. усл. топлива), однако страна занимает одно из последних мест в мире по ее использованию. Даже при минимальной реализации ресурсного потенциала реалистично обеспечивать энергией на основе биомассы от 30% до 100% сельских и удаленных территорий России.

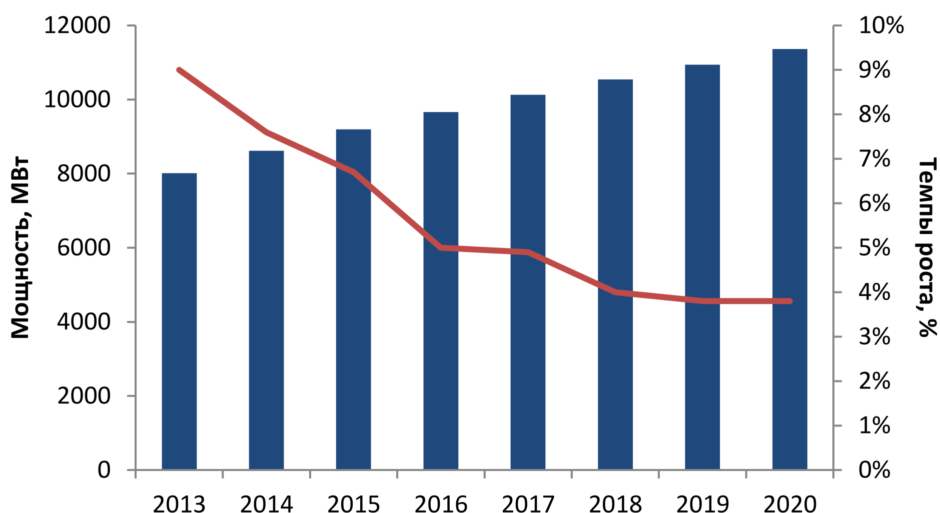
Международное энергетическое агентство придерживается следующей классификации биотоплива:

- по источникам происхождения: биотопливо из продуктов лесопромышленного комплекса, биотопливо из продуктов агропромышленного комплекса и биотопливо из биологических муниципальных отходов;
- по типу вещества: твердое биотопливо, жидкое биотопливо и газообразное биотопливо.

К настоящему моменту биотопливо занимает весьма незначительную долю мирового энергетического рынка – менее двух процентов от всего объема ВИЭ в мире. Широко развивается использование биомассы для получения тепловой энергии, как в частном секторе, так и в системе централизованного теплоснабжения. На биомассу приходится большая часть произведенного из ВИЭ тепла в мире. Активно развивается данное направление использования биомассы в Европе, в частности, в Швеции, Финляндии, Дании, Австрии, Германии и Нидерландах. Например, в Швеции биомасса является основным сырьем, используемым в теплоснабжении, а также применяется для производства топлива

для транспорта. В 2015 г. в Швеции объем производства энергии из биомассы составил 35%, опередив нефть. Во многих странах, как развитых, так и развивающихся, включая Китай и Индию, возрастает использование биомассы для производства электроэнергии, однако ее относительный объем остается небольшим.

График 10. Объем установленной мощности в секторе биоэнергетики в мире, 2013 – 2020



Источник: Frost & Sullivan.

График 11. Мировой рынок биоэнергетики по регионам (по выручке), 2016



Источник: Frost & Sullivan.

Таблица 8. Совокупное первичное потребление биоэнергии по регионам, млн т. у.т.

	1990	2016	2020	2025	2030	2035	2040
Страны ОЭСР	210,0	420,0	495,7	542,9	588,6	632,9	680,0
Страны не входящие в ОЭСР	1082,9	1545,7	1705,7	1797,1	1877,1	1944,3	2000,0
США	88,6	138,6	160,0	175,7	192,9	210,0	230,0
ЕС	67,1	200,0	235,7	257,1	275,7	290,0	304,3
Китай	285,7	308,6	317,1	324,3	334,3	348,6	368,6
Индия	190,0	268,6	298,6	307,1	310,0	304,3	298,6
Россия	17,1	10.0	12,9	14.3	17,1	24,3	31,4
Всего в мире	**1292,9**	**1965,7**	**2201,4**	**2341,4**	**2467,1**	**2578,6**	**2682,9**

Источник: BP Statistical Review, Frost & Sullivan.

Современный биоэнергетический комплекс представляет собой совокупность отраслей, различающихся ресурсной базой и конечным продуктом. Наиболее инновационные продукты — жидкое моторное биотопливо, биогаз и твердые топливные пеллеты. По данным Международного энергетического агентства, в 2016 г. совокупное мировое первичное потребление биоэнергии распределено следующим образом: 4,9% — жидкое биотопливо, 91,8% — традиционное потребление биомассы с учетом потребления современных видов твердого биотоплива, 2,2% — биогаз, порядка 1,1% — переработка твердых коммунальных отходов (ТКО).

Моторное биотопливо обеспечивает в настоящий момент порядка 2,6% потребностей мирового транспорта, а к 2040 г. данный показатель может вырасти до 5,8%. Высокие темпы отраслевого роста, демонстрируемые в последние десятилетия (с 10,1 млн т у.т. в 1990 г. до 101,1 млн т у.т. в 2014 г.), были обусловлены разработкой и применением стандартов топливных смесей (более чем в 60 странах). Крупнейшими производителями/потребителями моторного биотоплива в 2016 г. являлись США (42,9 млн т у.т.), Бразилия (23,9 млн т у.т.), страны ЕС (16,6 млн т. у.т.), Аргентина (3,6 млн т у.т.), Индонезия (3,9 млн т у.т.) и Китай (2,9 млн т у.т.).

Порядка 80% совокупного мирового производства составляет этанол, оставшиеся 20% приходится на биодизель. В краткосрочной перспективе прогнозируется преобладание

биотоплива первого поколения, производимого на основе сельскохозяйственных культур: этанола на основе сахароносных и крахмалосодержащих культур, биодизеля на основе масличных культур; в среднесрочной перспективе ожидается коммерциализация перспективных технологий второго поколения биотоплива — основанных на переработке лигноцеллюлозной биомассы; в долгосрочной перспективе возможно появление биотоплива третьего поколения, основанного на переработке водорослей и растительных культур с коротким вегетационным циклом. Возможные перспективные инновационные продукты — биобутанол, диметил- эфир, биометанол, гидрированные растительные жиры и биодизель, фураникс, водород.

Моторное биотопливо отличается преимущественно локальным (на уровне государства) производством и потреблением, однако определенные объемы сырья и готовой продукции поставляются из отдельных стран (преимущественно — Бразилии и стран Юго-Восточной Азии) на крупнейшие рынки — в США и Европейский союз.

Биогаз представляет собой продукт переработки широкого спектра отходов (сельскохозяйственных, бытовых, промышленных), содержащий высокую долю метана. Используется в качестве топлива для электрогенерации и отопления. Наиболее высокие темпы роста отрасль демонстрирует в странах Европейского союза, США и Китае. По оценкам экспертов Международного энергетического агентства, в 2016 г. доля биогаза в совокупном первичном потреблении биоэнергии в странах ОЭСР составила 8% (порядка 28,6 млн т у.т.). Лидером по развитию отрасли является Европейский союз, в котором на начало 2017 г. действовало 17 240 биогазовых установок (из них 10 786 — в Германии). Отдельного упоминания заслуживает развитие отрасли в Китае, демонстрирующее практику децентрализации энергопоставок домохозяйствам. В 2015 г. по данным МЭА, производство биогаза в Китае составило порядка 11,4 млн т у.т.

Топливные гранулы и пеллеты представляют собой энергоноситель, производимый из отходов деревоперерабатывающего комплекса и сельского хозяйства. Используется в качестве топлива для электрогенерации и теплоснабжения. В последнее десятилетие отрасль демонстрировала устойчивые темпы роста, к 2016 г. совокупное мировое производство пеллет составило 25 млн т (по сравнению с 2 млн т в 2000 г.). Крупнейшим рынком является рынок ЕС, потребление которого в 2016 г. составило 18,8 млн т. Эксперты

оценивают потенциал роста отрасли до 52 млн т в 2025 г., при этом прогнозируемое потребление Европейского союза оценивается в 38 млн т. Важнейшим преимуществом указанных отраслей является комплементарный характер биотоплива и традиционных энергоносителей — твердая биомасса и топливные гранулы могут потребляться с углем, этанол — с бензином, биодизель — с традиционным дизелем, биогаз — с традиционным. Кроме этого, современные биотехнологии позволяют производить максимально децентрализованную аллокацию потенциальных ресурсов в регионах, зависимых от импорта традиционных энергоносителей. Эти факторы будут способствовать росту потребления биоэнергетики в ключевых отраслях хозяйственной деятельности — на транспорте, в промышленности, электрогенерации и теплоснабжении

На сегодняшний день в структуре генерации энергии на основе ВИЭ в России выделяются три лидера: малые ГЭС, биоэнергетика и геотермальная энергетика. По оценкам экспертов, реализуемый потенциал развития биоэнергетики в России (биомассы и биогаза) составляет порядка 180 млрд кВт·ч/год к 2020 г.

По данным Национального союза по биоэнергетике, возобновляемым источникам энергии и экологии (НСБЭ), в России по состоянию на начало 2017 года образуется около 450 млн тонн отходов животноводства (58 млн тонн по сухому веществу), утилизация которых анаэробным сбраживанием позволит генерировать около 33,4 млрд кубометров биогаза в год. Дополнительное доступное сырье для производства биогаза образуется также в перерабатывающей промышленности и отрасли растениеводства, что позволяет в общей сложности получать ежегодно не менее 63 млрд кубометров биогаза (эквивалентно примерно 35 млн тонн бензина или дизельного топлива или, в случае когенерации, – не менее 144 тыс. ГВт/ч электроэнергии и не менее 1 млрд ГДж тепловой энергии) и 120 млн тонн высококачественного органического удобрения. Прочие секторы, в том числе, лесной и бытовых отходов, также обладают существенным потенциалом к производству биоэнергии. Так, по данным Общества биотехнологов России, потенциальный объем отходов деревообрабатывающей промышленности составляет порядка 200 млн кубометров в год, а ежегодный объем промышленных и бытовых отходов, подлежащих использованию с целью производства энергии, – около 165 млн тонн.

Однако перспективы развития биоэнергетики в Российской Федерации не позволяют в краткосрочной перспективе ожидать достижения отраслевых показателей, характерных для лидирующих в этой области государств. Связано это с многими факторами. Во-первых, в России, например, по сравнению с Европой не стоит вопрос снижения зависимости от импортного газа. В ситуации, когда страна сама обеспечивает себя газом, стимулы по развитию производства биогаза значительно снижаются. Во-вторых, законодательство в области биоэнегетики в России развивается с большим опозданием. Только в начале 2015 г. были внесены поправки в ряд нормативных документов по вопросам стимулирования использования возобновляемых источников энергии, в которые были включены «генерирующие объекты, функционирующие на основе возобновляемой энергии биомассы. Кроме того, жидкое биотопливо как спиртосодержащий продукт попадает под акциз, который с начала 2016 г. составил 102 руб. за литр, что делает его производство без дополнительных субсидий фактически нерентабельным, а меры поддержки — неэффективными.

Отрасль биоэнергетики в России в настоящий момент представлена в основном только производителями твердого биотоплива (топливных пеллет и гранул), рынок является достаточно концентрированным, производство распространено по территории страны неравномерно, сосредоточено в Северо-Западном и Сибирском федеральных округах. Это связано с распределением доступного древесного сырья на территории страны, а также обусловлено тем, что данная продукция не имеет систематического сбыта на внутреннем рынке и практически полностью отправляется на рынки Европы, и также начинает поставляться на азиатские рынки. Однако отрасль биотоплива в целом и рассматриваемый рынок в частности очень быстро развиваются и видоизменяются в последнее время, поэтому в скором времени ожидается снижение концентрации производителей за счет ухода с рынка крупного игрока и вероятного появления спроса на твердое биотопливо на внутреннем рынке. Последняя тенденция может получить развитие, так как в ряде регионов, удаленных от традиционных источников энергии, использование ВИЭ может хотя бы частично решить проблему топливного обеспечения – регионы Сибири и Дальнего Востока.

Среди основных препятствий на пути развития биоэнергетики в России – отсутствие системы господдержки, отсутствие стандартов ВИЭ, низкие тарифы на электроэнергию и тепло, сложности инвестирования – прежде всего, долгосрочного (окупаемость проектов

может наступить через 10-15 лет, что в российских реалиях зачастую является серьезным препятствием), бюрократические проблемы с согласованием проектов и т. д. Ключевой проблемой биоэнергетики в РФ аналитики считают тот факт, что биогазовые установки являются прибыльными только при бесплатном и бесперебойном снабжении отходами. Кроме того, производителям биоэнергии необходим гарантированный сбыт произведенной электроэнергии – чего в российских условиях пока не наблюдается.

Обзор технологий

В России биоэнергетические технологии развиваются по следующим направлениям:

1) изыскание и создание крупномасштабных, высокопродуктивных источников биомассы (фотосинтез, производство древесной биомассы, промышленное разведение растений – продуцентов углеводородов, производство углеводсодержащей непищевой биомассы, производство водной биомассы, использование твердых отходов городов);

2) биотехнологическая конверсия (получение этилового и других спиртов, органических кислот, растворителей из различных видов биомассы, получение биогаза и водорода);

3) термохимическая конверсия (прямое сжигание, газификация, пиролиз, сжижение, фест-пиролиз, синтез) для получения жидкого, твердого и газообразного топлива. Биомасса – это растительный и животный мир и продукты их технической и физиологической переработки, включая многочисленные органические отходы. Биомасса или Биоресурсы - это мощный потенциальный мировой источник топлив и сырья для химии. Биомасса трансформируется в топливо или энергию методами биологической и термохимической конверсии.

Выделяются следующие основные технологии:

1. Прямое сжигание

Наиболее старый и проработанный метод, но наименее экономически выгодный процесс с КПД получения тепловой энергии 15-18 %. Однако существуют такие виды биомассы, которые выгоднее сжигать при условии создания тепловых агрегатов с более высоким КПД. К таким видам биомассы относятся:

- солома злаковых и крупяных культур, стебли подсолнечника и кукурузы, из которых готовят топливные гранулы - пеллеты;
- некоторые виды древесины, древесные отходы;
- твердые отходы сельскохозяйственного производства; городские твердые отходы;
- отходы производства сахара из сахарного тростника — багасса, которая при прямом сжигании используется для производства пара, электричества, пульпы, бумаги, картона, корма для животных

2. Пиролиз

Термохимическая конверсия сырья без доступа воздуха при температуре 450 - 550 °С позволяет из 1 м3 абсолютно сухой древесины получать: 140 - 180 кг древесного угля, не содержащего ни серы, ни фосфора и используемого для получения лучших сортов стали, 280 - 400 кг жидких продуктов — метанола, уксусной кислоты, ацетона, фенолов; 80 кг горючих газов — метана, моно оксида углерода, водорода. 5.1.3.

3. Газификация

Сжигание биомассы при температуре 900 - 1 500 °С в присутствии воздуха или кислорода и воды с получением синтез-газа, состоящего из смеси моно оксида углерода, водорода и стеклообразной массы (7 - 10 % массы исходного материала), применяемой как наполнитель для дорожных покрытий. Газификация — более прогрессивный и экономичный способ использования биомассы для получения тепловой энергии, чем пиролиз. Синтез-газ имеет высокий КПД тепловой конверсии. Он может употребляться для получения метанола.

4. Сжижение

Производство жидкого топлива из биомассы путем термической конверсии: термический пиролиз или газификация в присутствии катализаторов. Реакции происходит так, чтобы в качестве основного продукта получалось жидкое топливо, и при этом можно производить уголь и газ.

5. Быстрый пиролиз

Биомасса в течение короткого времени подвергается воздействию экстремально высоких температур (700 - 1 400 °С), в результате которого происходят быстрое разложение исходных продуктов и образование новых соединений: этанола, пропилена, углеводородов, близких к бензину. Газ, получаемый с помощью быстрого пиролиза, содержит водород, метан, этилен, пропилен. Использование быстрого пиролиза биомассы выгоднее, чем пиролиза угля, так как биомасса содержит значительно меньше золы, и ее можно подвергнуть воздействию более низких температур. Это направление является одним из наиболее перспективных, при условии дальнейшего развития и совершенствования технологии.

6. Синтез

Каталитический синтез метанола из газов, образующихся при термической конверсии биомассы. Изменяя температуру и давление, а также используя уникальные катализаторы, кроме метанола можно получить целый ряд других соединений. Проме- жуточные соединения образуются и из лигнина. Из 1 т древесины можно синтезировать 410 - 540 л метанола. Если синтез производить в присутствии водорода, получающегося при электролизе воды, то выход метанола увеличивается до 1 400 л.

7. Биоэнергетические технологии

К биоэнергетическим технологиям относятся такие процессы, как: биогазовые технологии; производство этанола; получение биодизельных топлив, жирных кислот, растительных углеводородов; производство биоводорода, получение тепловой энергии.

8. Биогазовые технологии.

Биогаз — смесь метана и углекислого газа - продукт метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения, осуществляемого специфическим природным биоценозом анаэробных бактерий различных физиологических групп. Метановое брожение протекает при температурах от 10 до 55 °С в трех четко определенных диапазонах: 10 - 25 °С — психрофильное; 25 - 40°С – мезофильное; 52 - 55 °С —- термофиль- ное; влажность составляет от 8 до 99 %, оптимальная 92-93%. Содержание метана в биогазе варьируется в зависимости от химических свойств сырья и может составлять от 50 до 90 %. В зависимости от природы исходного сырья изменяется и выход

биогаза: от 200 до 600 л на 1 т абсолютно сухого вещества. К настоящему времени разработано и применяется множество технологий получения биогаза, основанных на использовании различных вариаций температурного режима, влажности, концентраций бактериальной массы, длительности протекания биореакций.

9. Производство этанола

Этанол, а также другие низшие спирты, альдегиды и кетоны — продукты спиртового брожения разнообразных сахаро- и крахмалосодержащих субстратов. Однако наиболее распространенными видами сырья для производства этанола являются отходы сахарного производства: багасса или меласса (сахарная свекла), а также крахмал кукурузы, сорго, картофеля, пшеницы и риса. В России этанол получают также при брожении гидролизатов древесины (целлюлозы). Наиболее значительный интерес в мире к жидким биотопливам (особенно к этанолу) для использования на транспорте появился в период с 1970 по 1990 г. и обязан этим высоким ценам на нефть. В настоящее время в развивающихся странах тенеденция роста использования этанола сохраняется, в том числе вследствие накапливающихся экологических проблем. В некоторых странах этанол в чистом виде или в смеси с бензином (газохол) широко применялся в 1970-е годы для двигателей внутреннего сгорания.

10. Биодизельное топливо

Биодизельное топливо имеет те же характеристики, что и обычные дизельные масла, которые могут использоваться в дизельных двигателях. Биодизельное топливо может быть получено из любого маслосодержащего растения — семян рапса, сои, кактусов и т.д.. Преимущество биодизельного топлива состоит в том, что его производство основано на широко известных технологиях получения растительных масел с их дальнейшим метилированием и растительных углеводородов. В 1980-е годы возрос интерес к растительным углеводородам. Как правило, эффективные продуценты углеводородов и масел являются представителями тропической и субтропичес-кой флоры. Однако и в умеренном климате имеются культурные растения, семена которых содержат значительные количества масел, — подсолнечник, конопля, лен, рапс и др.

11. Экзотермическое окисление.

Получение тепловой энергии активным компостированием (микробное окисление). Использование этого метода для утилизации твердой биомассы и, прежде всего, твердых органических отходов также может внести существенный вклад в энергетику, в частности, в производство тепловой энергии. Метод основан на процессе бактериального окисления твердых органических веществ с образованием тепловой энергии, которая повышает температуру пропускаемого воздуха до 80 - 90 °С. Путем компрессии температуру выходящих газов можно поднять до 110°С. В некоторых странах, например в Японии, разработаны опытно-промышленные установки КПД которых достигает 95 %

Наиболее технологичным и популярным видом твердого биотоплива являются топливные гранулы (или пеллеты), которые можно изготавливать из самых разных видов биомассы. Пеллеты сегодня начинают составлять серьѐзную конкуренцию традиционным (ископаемым) видам топлива. Пеллеты можно использовать в качестве альтернативы углю или совместно с ним как для получения тепла и энергии для систем индивидуального отопления жилых ломов, так и в высоко эффективных электростанция с комбинированным производством электроэнергии и тепла. В последние годы в Европе наблюдался быстрый рост спроса на пеллеты, связанный с существующими законодательными ограничениями на выбросы парниковых газов в рамках Киотского протокола, а также Директивой по возобновляемым источникам энергии ЕС.

Биоуголь («Greencoal», «Charcoal», «Biocoal») обычно получают в процессе нагревания древесины, стеблей растений или других органических материалов без доступа кислорода. Наиболее распространенный способ получения биоугля – пиролиз. В последние годы возрастает интерес к применению технологии отжига биомассы (торрефакция), повышающий эффективность производства электроэнергии. Данная технология позволяет получать биотопливные гранулы с высоким объемным теплосодержанием.

Около 90% мирового потребления биотоплива приходится на биоэтанол и биодизель. Применение биотоплива в сфере транспорта является важным способом сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу наряду с повышением ее эффективности. Важную роль развитие применения данного вида топлива будет играть для обеспечения альтернативного низкоуглеродистого топлива для самолетов, морских судов и других тяжелых видов транспорта.

Совершенствование законодательной базы и развитие технологий будет способствовать росту рынка биотехнологий, увеличению числа решений, предусматривающих использование возобновляемой энергетики.

Перспективы развития отрасли и обзор экономических факторов

Объем мирового рынка электроэнергии, производимой из биомассы в 2016 году увеличился на 7,8% по сравнению с предыдущим годом и в стоимостном выражении составил 20,53 млрд долл. Ожидается, что выручка на этом рынке в 2020 году достигнет 26,87 млрд долл, продемонстрировав рост CAGR 5,5%.

Растет значение регуляторной среды и ведения корректной тарифной политики, которая позволит развивать рынок и осуществлять инвестиции в отрасль.

Наиболее динамично мировой рынок будет развиваться в Азии, особенно в Китае и Индии, а также в странах Юго-Восточной Азии. Ключевые производители оборудования и разработчики технологий будут стремиться выйти на рынок АТР самостоятельно, либо совместно с местным партнером.

График 12. Стоимость ввода 1 кВт мощности биоэнергетики при использовании различных технологий, 2016



Источник: Frost & Sullivan.

По мере роста эффективности применяемых технологий их доля в энергобалансе будет расти, однако сегмент все равно останется относительно небольшим даже в долгосрочной перспективе. Вместе с тем, нишевые рынки и применения будут привлекать как разработчиков, так и инвесторов, стремящихся диверсифицировать вложения в сферу энергетики. По мере роста эффективности будут расти показатели на вложенный капитал, достигая средних параметров по отрасли и делая вложения в биоэнергетику оправданными по сравнению с альтернативами в виде иных ВИЭ.

Обзор ключевых игроков в секторе альтернативной энергетики: профили компаний



АО «Ветро ОГК»

О компании:

АО «Ветро ОГК» – дочерняя компания АО «ОТЭК» (дивизион ГК «Росатом» по управлению неатомными активами).

Год основания: 2011 г.

Штаб-квартира: г. Москва

Основные направления деятельности: ветроэнергетика

Деятельность компании:

- В 2017 году «ВетроОГК» стала победителем конкурса на строительство объектов ветровой генерации общей мощностью 360 МВт. Суммарный объём мощности планируемых объектов «Ветро ОГК» составляет 970 МВт, или 43% российского рынка ветрогенерации.
- Производством ветрогенераторов будет заниматься компания Red Wind на площадке в Волгодонске – СП NovaWind (дочернее предприятие Росатома) и голландского производителя Lagerwey. Программа начнётся с производства ВЭУ мощностью 2,5 МВт. В перспективе планируется локализация производства турбины мощностью 4 МВт. В рамках СП предполагается поставка 388 ветроустановок до 2022 года. ВетроОГК будет владельцем строящихся ветропарков и поставщиком электроэнергии.
- Один из первых проектов будет реализован в Республике Адыгея (три ВЭС суммарной мощностью в 610 МВт). Строительство первой очереди начнется весной 2018 года. В состав первой ВЭС мощностью до 150 МВт войдет до 60 ветроэнергетических установок.

ПАО «Фортум»

О компании:

российская энергетическая компания, созданная в результате реформы РАО «ЕЭС России (предыдущее наименование компании – ОАО «ТГК-10»); в 2008 г. контрольный пакет компании приобретен финским энергетическим концерном Fortum.

Год основания: 2005 г.

Штаб-квартира: г. Челябинск

Основные направления деятельности: производство и сбыт электрической и тепловой энергии; ветроэнергетика.

Деятельность компании:

- В 2017 году РОСНАНО и «Фортум» утвердили создание Фонда развития ветроэнергетики для инвестиций в строительство ветропарков, локализацию производства ветроустановок, венчурные проекты возобновляемой энергетики.
- В результате конкурсного отбора в 2017 году консорциум Фортум-Роснано получил проекты строительства ВЭС общим объемом мощности в 1 ГВт 2018-2022 гг. Инвестиции составят до 30 млрд рублей. Технологическим партнером выступит мировой лидер отрасли – датская компания Vestas.
- В настоящее время «Фортум» завершает строительство ВЭС мощность 35 МВт в Ульяновской области. Ввод в эксплуатацию Фортум-Симбирской ВЭС ожидается в первом квартале 2018 года. Всего планируется строительство 26 ВЭС, в том числе в Ростовской области, Краснодарском крае, Ставропольском крае, Ульяновской области, Мурманской области и Татарстане.
- В ноябре 2017 года «Фортум» договорилась о покупке трех солнечных электростанций у группы компаний «Хевел», в том числе Плешановская (10 МВт) и Грачевская (10 МВт) СЭС в Оренбургской области, а так же Бугульчанская СЭС (15 МВт) в Республике Башкортостан. Все три СЭС введены в эксплуатацию в 2016-2017 гг. и получают плату за мощность на основе ДМП. Операционное обслуживание станций продолжит осуществлять Группа компаний «Хевел».

Группа компаний «Хевел»



О компании:

совместное предприятие Группы компаний «Ренова» и РОСНАНО.

Год основания: 2009 г.

Штаб-квартира: г. Москва

Основные направления деятельности: полный комплекс услуг в сфере солнечной энергетики – от производства солнечных модулей до проектирования, строительства и эксплуатации фотоэлектрических систем.

Деятельность компании:

- «Хевел» является лидером отрасли солнечной энергетики в России. Всего компания построила 164 МВт СЭС на территории России и планирует до 2024 года ввести в эксплуатацию еще около 1 ГВт солнечной генерации.
- В 2017 году компания завершила модернизацию технологической линии и увеличила мощность производственного комплекса до 160 МВт в год, что позволит на 50% обеспечить текущие потребности российского рынка СЭ. Завод в Новочебоксарске начал выпуск солнечных модулей по гетероструктурной технологии с более высоким КПД ячеек.
- В 2017-2019 гг. «Хевел» планирует построить три СЭС общей мощностью 135 МВт Астраханской области. Инвестиции составят более 15 млрд рублей.
- В 2017 году «Хевел» совместно с Hyundai Corporation и АНО «Агентство Дальнего Востока по привлечению инвестиций и поддержке экспорта» объявили о реализации проекта стоимостью около 8 млрд руб. по строительству гибридных солнечно-дизельных электростанций в ДФО общей мощностью 40 МВт.
- В ноябре 2017 года компания заключила соглашение с ПАО «Фортум» по продаже трёх солнечных электростанций общей установленной мощностью 35 МВт (Плешановская и Грачевская СЭС в Оренбургской области (по 10 МВт каждая), а так же Бугульчанская СЭС на 15 МВт в Республике Башкортостан.